



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

REC'D PCT/PTO 23 JUN 2005  
PCT/CH 03 / 00848 #2

REC'D 31 DEC 2003

WIPO

PCT

### Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

### Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

### Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Bern,

24. Dez. 2003

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

*H. Jenni*  
Heinz Jenni

Demande de brevet no 2002 2212/02

CERTIFICAT DE DEPOT (art. 46 al. 5 OBI)

L'Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle accuse réception de la demande de brevet Suisse dont le détail figure ci-dessous.

Titre:

Procéde et dispositif de génération de froid et de chaleur par effet magnétique.

Requérant:

ECOLE D'INGENIEURS DU CANTON DE VAUD  
Route de Cheseaux 1  
1400 YVERDON-LES-BAINS

Mandataire:

Cabinet Roland Nithardt Conseils en Propriété Industrielle S.A.  
Y-Parc rue Galilée  
1400 Yverdon-les-Bains

Date du dépôt: 24.12.2002

Classement provisoire: F25B

## PROCEDE ET DISPOSITIF DE GENERATION DE FROID ET DE CHALEUR PAR EFFET MAGNETIQUE

La présente invention concerne un procédé de génération de froid et de  
5 chaleur par effet magnétique à travers au moins un échangeur de chaleur.

Elle concerne également un dispositif pour la génération de froid et de  
chaleur par effet magnétique comportant au moins un échangeur de chaleur.

10 Les dispositifs conventionnels de génération du froid comportent  
habituellement un compresseur pour comprimer un fluide réfrigérant afin  
d'élever sa température et des moyens de détente pour décompresser ce  
fluide réfrigérant afin de le refroidir adiabatiquement. Il se trouve que les gaz  
couramment utilisés sont extrêmement polluants et leur utilisation comporte  
15 des risques de pollution atmosphérique importants. De ce fait, ces gaz ne  
répondent plus aux exigences actuelles en matière d'environnement.

On connaît déjà des dispositifs utilisant l'effet magnétique pour générer du  
froid. En particulier le brevet américain n°4.674.288 décrit un dispositif de  
20 liquéfaction de l'hélium comprenant une substance magnétisable mobile dans  
un champ magnétique généré par une bobine et un réservoir contenant de  
l'hélium et en conduction thermique avec ladite bobine. Le mouvement de  
translation de la substance magnétisable génère du froid qui est transmis à  
l'hélium par l'intermédiaire d'éléments conducteurs.

25

La publication française FR-A-2 525 748 a pour objet un dispositif de  
réfrigération magnétique comprenant une matière magnétisable, un système  
de génération d'un champ magnétique variable et des moyens de transfert de  
la chaleur et du froid comportant une chambre remplie d'un réfrigérant liquide  
30 saturé. La matière magnétisable génère du froid dans une position dans  
laquelle les moyens de transfert de froid extraient le froid de la matière  
magnétisable par condensation d'un réfrigérant, et la matière magnétisable

génère de la chaleur dans une autre position dans laquelle les moyens de transfert de chaleur extraient la chaleur de la matière magnétisable par ébullition d'un autre réfrigérant.

- 5 La publication française FR-A- 2 586 793 concerne un dispositif comportant une substance destinée à produire de la chaleur lorsqu'elle se magnétise et à produire du froid lorsqu'elle se démagnétise, un moyen de génération d'un champ magnétique variable, ledit moyen générateur de champ magnétique comportant une bobine supraconductrice et un réservoir contenant un
- 10 élément à refroidir.

L'efficacité de tels systèmes est extrêmement faible et ne peut pas rivaliser avec les systèmes de réfrigération actuels.

- 15 La présente invention se propose de pallier les inconvénients des systèmes connus en offrant un procédé et un dispositif de refroidissement qui n'utilisent pas de fluides réfrigérants polluants et qui ne présentent donc pas les inconvénients des systèmes antérieurs.
- 20 Ce but est atteint par le procédé tel que défini en préambule et caractérisé en ce que l'on fait circuler un mélange d'un fluide caloporteur et de particules constituées d'au moins un matériau supraconducteur dans un circuit principal constitué par un premier échangeur de chaleur connecté à un deuxième
- 25 premier échangeur de chaleur par des moyens magnétiques associés à ce premier échangeur de chaleur, en ce que l'on fait circuler ledit mélange dans le deuxième échangeur de chaleur situé hors dudit champ magnétique, afin que les particules de matériau supraconducteur subissent une élévation de température adiabatique lorsqu'elles passent dans le champ magnétique pour
- 30 chauffer ledit mélange dans ledit premier échangeur de chaleur et qu'elles subissent un refroidissement adiabatique lorsqu'elles quittent le champ magnétique pour refroidir ledit mélange dans ledit deuxième échangeur de

chaleur, en ce que l'on extrait de la chaleur dudit premier échangeur de chaleur au moyen d'au moins un circuit de refroidissement dans lequel on fait circuler un premier fluide caloporteur, et en ce que l'on extrait du froid dudit deuxième échangeur de chaleur au moyen d'au moins un circuit d'utilisation  
5 du froid dans lequel on fait circuler un deuxième fluide caloporteur.

De façon avantageuse, l'on extrait de la chaleur dans le circuit de refroidissement au moyen d'un troisième échangeur de chaleur, connecté audit premier échangeur de chaleur, et d'un circuit d'utilisation de la chaleur  
10 connecté audit troisième échangeur de chaleur.

Selon différentes variantes, ledit mélange peut comporter un fluide caloporteur à l'état liquide ou à l'état gazeux.

15 De préférence, les particules d'au moins un matériau supraconducteur sont constituées d'un seul et même matériau mais elles peuvent également être constituées de matériaux supraconducteurs différents.

D'une manière particulièrement avantageuse, lesdites particules d'au moins  
20 un matériau supraconducteur comportent au moins un matériau supraconducteur à changement de phase.

De façon avantageuse, le mélange comporte une proportion de particules de matériau supraconducteur inférieure à 40% de la masse dudit mélange et de  
25 préférence une proportion comprise entre 15% et 40% de cette masse.

Lesdites particules peuvent avoir une forme sensiblement sphérique et des dimensions moyennes comprises entre 10  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ , mais elles peuvent également avoir des formes et des dimensions différentes.

30

D'une manière avantageuse, l'on isole le deuxième échangeur de chaleur du champ magnétique généré dans le premier échangeur de chaleur.

Selon les variantes du procédé, ledit fluide caloporteur circulant à travers le circuit de refroidissement peut être à l'état liquide ou à l'état gazeux.

- 5 Dans toutes les variantes, l'on fait circuler le premier fluide à travers le circuit d'utilisation du froid pour le refroidir et le deuxième fluide à travers le circuit de refroidissement pour élever sa température.

Dans la forme de réalisation préférentielle, l'on fait circuler le mélange du  
10 circuit principal et le fluide caloporteur du circuit de refroidissement dans des sens contraires à travers le premier échangeur de chaleur.

Ce but est également atteint par le dispositif tel que défini en préambule et caractérisé en ce qu'il comporte

- 15 - un circuit principal constitué par un premier échangeur de chaleur connecté à un deuxième échangeur de chaleur, dans lequel circule un mélange d'un fluide caloporteur et de particules constituées d'au moins un matériau supraconducteur,
- des moyens magnétiques agencés pour générer un champ magnétique  
20 dans ledit premier échangeur de chaleur afin que les particules de matériau supraconducteur subissent une élévation de température adiabatique lorsqu'elles passent dans ledit champ magnétique et qu'elles subissent un refroidissement adiabatique lorsqu'elles quittent ce champ magnétique,
- un circuit de refroidissement, constitué par un troisième échangeur de  
25 chaleur connecté audit premier échangeur de chaleur, à travers lequel circule un premier fluide caloporteur pour extraire la chaleur du premier échangeur de chaleur, et
- au moins un circuit d'utilisation du froid, connecté audit deuxième  
30 échangeur de chaleur, à travers lequel circule un deuxième fluide caloporteur pour en extraire le froid.

De façon avantageuse, ce dispositif compote un circuit d'utilisation de la chaleur connecté audit troisième échangeur de chaleur pour en extraire la chaleur.

- 5 Suivant la forme de réalisation, lesdits moyens magnétiques peuvent comportent des aimants permanents, des électroaimants ou être agencés pour générer un champ magnétique variable.

D'une manière avantageuse, lesdits premier, deuxième et troisième  
10 échangeurs de chaleur sont choisis parmi le groupe constitué par des échangeurs de chaleur du type liquide - liquide, liquide - gaz et gaz - gaz.

De façon avantageuse, le circuit principal comporte une première pompe et le circuit de refroidissement comporte une deuxième pompe, ces pompes étant  
15 agencées pour faire circuler le mélange du circuit principal et le fluide caloporteur du circuit de refroidissement dans des sens contraires à travers le premier échangeur de chaleur.

La présente invention et ses avantages apparaîtront mieux dans la  
20 description suivante de différents modes de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique d'une forme de réalisation avantageuse du dispositif selon l'invention,
- 25 - les figures 2A, 2B, 2C, 2D et 2E illustrent quelques structures internes possibles des particules en matériau supraconducteur.

En référence à la figure 1, le dispositif 10 représenté schématiquement  
30 comporte un premier échangeur de chaleur 11 monté en série avec un deuxième échangeur de chaleur 12 pour former un circuit principal 16 dans lequel circule un mélange constitué d'un fluide caloporteur et de particules

d'au moins un matériau supraconducteur. Le premier échangeur de chaleur est associé à des moyens magnétiques 13 agencés pour générer un champ magnétique dans ce premier échangeur de chaleur 11. Les parois de celui-ci sont définies de sorte qu'elles n'influencent pas sur le champ magnétique généré et que ce champ magnétique soit sensiblement identique à l'intérieur qu'à l'extérieur dudit premier échangeur de chaleur 11. Les moyens magnétiques 13 sont constitués soit d'aimants permanents soit d'électroaimants. Il est aussi possible de disposer des moyens magnétiques 13 générant un champ magnétique variable pour varier la température du froid et de la chaleur générés. Ils sont disposés de sorte que le premier échangeur de chaleur 11 soit entièrement soumis au champ magnétique qu'ils génèrent et le deuxième échangeur de chaleur est disposé de sorte qu'il soit situé hors de ce champ magnétique. A cet effet, n'importe quel moyen d'isolation approprié peut être utilisé pour isoler magnétiquement le deuxième échangeur de chaleur 12.

15

Le dispositif 10 comporte également un circuit de refroidissement 18 dans lequel on fait circuler un premier fluide caloporteur. Ce circuit est constitué par un troisième échangeur de chaleur 14 connecté au premier échangeur de chaleur 11. Un circuit d'utilisation de la chaleur 20 est connecté à ce troisième échangeur 14. Un circuit d'utilisation du froid 19 dans lequel circule un deuxième fluide caloporteur est connecté au deuxième échangeur de chaleur 12.

Une première pompe 15 est agencée pour faire circuler le mélange de fluide caloporteur et de particules à travers le circuit principal 16 et une deuxième pompe 17 est agencée pour faire circuler le premier fluide caloporteur à travers le circuit de refroidissement 18.

Le mélange circulant à travers le circuit principal 16 est constitué d'un fluide caloporteur à l'état liquide ou à l'état gazeux possédant une haute conductivité thermique et de particules constituées soit d'un ou de plusieurs matériaux supraconducteurs, soit d'un mélange de particules en un ou



plusieurs matériaux supraconducteurs et de particules en un ou plusieurs matériaux à changement de phase, soit d'un ou de plusieurs matériaux supraconducteurs à changement de phase. Les diverses structures possibles de ces particules seront décrites plus en détail ci-après. Ces particules 5 peuvent avoir n'importe quelle forme et n'importe quelles dimensions. Elles peuvent être de même forme et de mêmes dimensions ou de formes et de dimensions différentes. Elles peuvent être par exemple de forme sphérique et/ou de forme ellipsoïdale. Cependant, pour que le mélange présente de meilleures caractéristiques dynamiques, les particules sont de préférence de 10 petite taille. Leur taille moyenne est préférentiellement comprise entre 10 et 1000 micromètres. Le mélange peut former un mélange homogène ou hétérogène. La proportion des particules dans le mélange est définie de sorte que celui-ci reste assez fluide pour circuler dans le circuit principal 16. A cet effet, cette proportion ne dépasse de préférence pas 40% de la masse du 15 mélange et est de préférence comprise entre 15% et 40% de cette masse.

Le fonctionnement du dispositif 10 est basé sur le procédé dans lequel, lorsque les moyens magnétiques 13 génèrent un champ magnétique dans le premier échangeur de chaleur 11 et que la première pompe 15 fait circuler le 20 mélange à travers le circuit principal 16, les particules situées dans le premier échangeur de chaleur 11 se magnétisent et perdent leur entropie. De ce fait, elles subissent une élévation de température adiabatique et la chaleur générée est transmise par échange de chaleur au fluide caloporteur dans lequel ces particules sont en suspension. L'ensemble du mélange situé dans 25 le premier échangeur de chaleur 11 soumis au champ magnétique subit donc une élévation de température. Au même moment, la deuxième pompe fait circuler le fluide caloporteur du circuit de refroidissement 18 à travers le premier échangeur de chaleur 11. Dans ce dernier, le premier fluide caloporteur du circuit de refroidissement 18 circule dans un sens contraire au 30 sens de circulation du mélange et à travers des conduits distincts de ceux du mélange de sorte que ces deux fluides ne se mélangent pas, mais subissent un échange de chaleur au travers les parois de ce premier échangeur de

chaleur 11. Par transfert de chaleur, ce premier fluide caloporteur subit à son tour une élévation de température en abaissant la température du mélange. La chaleur emmagasinée dans ce premier fluide caloporteur du circuit de refroidissement 18 est extraite dans le troisième échangeur de chaleur 14 au travers duquel passe un fluide du circuit d'utilisation de la chaleur 20 destiné à être chauffé. Ce fluide du circuit d'utilisation de la chaleur 20 est à son tour chauffé et peut être utilisé dans n'importe quelle application de la chaleur.

En quittant le champ magnétique généré dans le premier échangeur de chaleur 11, les particules du mélange subissent une démagnétisation et se refroidissent adiabatiquement. Le fluide caloporteur du mélange situé au voisinage de ces particules subit un refroidissement. L'ensemble du mélange sortant du champ magnétique subit un refroidissement. Au même moment, le mélange refroidi entre dans le deuxième échangeur de chaleur 12 au travers duquel passe le deuxième fluide caloporteur circulant dans le circuit d'utilisation du froid 19. Ce fluide destiné à être refroidi, extrait, au travers du deuxième échangeur de chaleur 12, le froid emmagasiné dans le mélange en se refroidissant. Il peut alors être utilisé dans n'importe quelle application du froid.

20

Il est également possible de disposer un échangeur de chaleur interne 21 entre le circuit principal 16 et le circuit de refroidissement 18 pour améliorer l'efficacité de la génération du froid. Dans ce cas, dans le circuit de refroidissement 18, l'échangeur de chaleur interne 21 est disposé à la sortie du premier échangeur de chaleur 11 et dans le circuit principal 16, il est disposé à l'entrée de ce premier échangeur de chaleur 11. L'échangeur de chaleur interne 21 refroidit partiellement le premier fluide caloporteur du circuit de refroidissement et chauffe les particules du mélange avant leur entrée dans le champ magnétique. Il est également possible d'améliorer l'efficacité du fonctionnement du dispositif 10 en couplant plusieurs dispositifs similaires en cascade.

Le circuit principal 16 est pourvu d'un moyen de réglage (non représenté) du débit pour régler convenablement le débit du mélange à travers ce circuit. On obtient un fonctionnement optimal du dispositif 10 en choisissant des débits pour lesquels les particules ne subissent pas une sédimentation mais restent  
5 en suspension dans le mélange pour circuler à travers le premier et le deuxième échangeur de chaleur 11 et 12. Lorsque le dispositif 10 est destiné à des applications dans l'espace, le dispositif est en apesanteur et le mélange du circuit principal 16 n'est plus soumis aux contraintes d'écoulement, notamment les particules du mélange. Leurs paramètres sont alors définis de  
10 manière à optimiser la génération du froid et de la chaleur.

L'utilisation du troisième échangeur de chaleur 14 dans le dispositif 10 n'est pas toujours nécessaire. Il est possible de faire circuler le fluide du circuit d'utilisation de la chaleur 20 à travers le circuit de refroidissement 18 afin qu'il  
15 soit directement chauffé dans le premier échangeur de chaleur 11. En outre, les fluides du circuit d'utilisation de la chaleur 20 et du circuit d'utilisation du froid 19 peuvent être soit à l'état liquide soit à l'état gazeux, selon les applications. Il en est de même du fluide caloporteur du circuit de refroidissement 18 et du fluide caloporteur formant un mélange avec les  
20 particules. De ce fait, les premier, deuxième et troisième échangeurs de chaleur 11, 12 et 13 peuvent être de n'importe quel type connu, selon l'état des fluides les traversant. Ils peuvent être du type fluide - fluide, fluide - gaz ou gaz - gaz.

25 Le dispositif 10 décrit peut être pourvu de dispositifs de conservation de froid et de la chaleur conçus en associant des particules en matériau supraconducteur et des particules en matériau à changement de phase.

Les particules 30 de matériau supraconducteur du type à changement de  
30 phase peuvent présenter des structures internes différentes telles que celles illustrées par les figures 2A à 2E. Sur ces figures, les parties 31 de la particule 30 représentées en couleur blanche représentent le matériau à changement

de phase et les parties 32 représentées en couleur noire et en pointillés représentent le matériau supraconducteur. Les parties 31 peuvent également représenter des cavités remplies d'un gaz ou d'un liquide en vue d'améliorer la suspension des particules dans le fluide caloporteur et leur transport à travers le circuit principal et en vue d'accroître les échanges thermiques dans le dispositif.

Dans le commerce, plusieurs matériaux supraconducteurs et matériaux à changement de phase compatibles avec l'environnement et divers fluides caloporteurs non polluants sont disponibles et présentent les propriétés requises pour réaliser le procédé et le dispositif de l'invention.

Un dispositif selon l'invention réalisé à partir de particules de 5 mm de diamètre en  $\text{Gd}_5(\text{Si}_{1.985}\text{Ge}_{1.985}\text{Ga}_{0.03})$  et un champ magnétique de 5 teslas a permis de refroidir le fluide du circuit d'utilisation du froid entre  $0^\circ\text{C}$  et  $-10^\circ\text{C}$ .

Le procédé et le dispositif selon l'invention peuvent être utilisés dans l'industrie, dans les restaurants, dans l'industrie alimentaire, dans les systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air, dans les réfrigérateurs à usage domestique et les climatiseurs, dans les pompes à chaleur, dans les automobiles, les trains, les avions, les vaisseaux spatiaux, etc.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de génération de froid et de chaleur par effet magnétique à travers au moins un échangeur de chaleur, caractérisé en ce que l'on fait  
5 circuler un mélange d'un fluide caloporteur et de particules constituées d'au moins un matériau supraconducteur dans un circuit principal (16) constitué par un premier échangeur de chaleur (11) connecté à un deuxième échangeur de chaleur (12), en ce que l'on génère un champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur (11) par des moyens magnétiques (13)  
10 associés à ce premier échangeur de chaleur (11), en ce que l'on fait circuler ledit mélange dans le deuxième échangeur de chaleur (12) situé hors dudit champ magnétique, afin que les particules de matériau supraconducteur subissent une élévation de température adiabatique lorsqu'elles passent dans le champ magnétique pour chauffer ledit mélange dans ledit premier  
15 échangeur de chaleur (11) et qu'elles subissent un refroidissement adiabatique lorsqu'elles quittent le champ magnétique pour refroidir ledit mélange dans ledit deuxième échangeur de chaleur (12), en ce que l'on extrait de la chaleur dudit premier échangeur de chaleur (11) au moyen d'au moins un circuit de refroidissement (18) dans lequel on fait circuler un premier  
20 fluide caloporteur, et en ce que l'on extrait du froid dudit deuxième échangeur de chaleur (12) au moyen d'au moins un circuit d'utilisation du froid (19) dans lequel on fait circuler un deuxième fluide caloporteur.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on extrait de  
25 la chaleur dans le circuit de refroidissement (18) au moyen d'un troisième échangeur de chaleur (14), connecté audit premier échangeur de chaleur (11), et d'un circuit d'utilisation de la chaleur (20) connecté audit troisième échangeur de chaleur (14).
- 30 3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit mélange comporte un fluide caloporteur à l'état liquide ou à l'état gazeux.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules d'au moins un matériau supraconducteur sont constituées d'un seul et même matériau.
- 5 5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules d'au moins un matériau supraconducteur sont constituées de matériaux supraconducteurs différents.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites  
10 particules d'au moins un matériau supraconducteur comportent au moins un matériau supraconducteur à changement de phase.
7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le mélange comporte une proportion de particules de matériau supraconducteur  
15 inférieure à 40% de la masse dudit mélange et de préférence comprise entre 15% et 40% de cette masse.
8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules ont une forme sensiblement sphérique et des dimensions  
20 moyennes comprises entre 10  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ .
9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules ont des formes et des dimensions différentes.
- 25 10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on isole le deuxième échangeur de chaleur (12) du champ magnétique généré dans le premier échangeur de chaleur (11).
- \* 11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que premier fluide  
30 caloporteur circulant à travers le circuit de refroidissement (18) est à l'état liquide ou à l'état gazeux.

12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on fait circuler le premier fluide à travers le circuit de refroidissement (18) pour élever sa température et en ce que l'on fait circuler le deuxième fluide à travers le circuit d'utilisation du froid (19) pour le refroidir.

5

13. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on fait circuler le mélange du circuit principal (16) et le fluide du circuit de refroidissement (18) dans des sens contraires à travers le premier échangeur de chaleur (11).

10 14. Dispositif pour générer du froid et de la chaleur par effet magnétique comportant au moins un échangeur de chaleur, caractérisé en ce qu'il comporte

- un circuit principal (16) constitué par un premier échangeur de chaleur (11) connecté à un deuxième échangeur de chaleur (12), dans lequel circule un  
15 mélange d'un fluide caloporteur et de particules constituées d'au moins un matériau supraconducteur,
- des moyens magnétiques (13) agencés pour générer un champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur (11) afin que les particules de matériau supraconducteur subissent une élévation de  
20 température adiabatique lorsqu'elles passent dans ledit champ magnétique (11) et qu'elles subissent un refroidissement adiabatique lorsqu'elles quittent ce champ magnétique (12),
- un circuit de refroidissement (18), constitué par un troisième échangeur de chaleur (14) connecté audit premier échangeur de chaleur (11), à travers  
25 lequel circule un premier fluide caloporteur pour extraire la chaleur du premier échangeur de chaleur (11), et
- au moins un circuit d'utilisation du froid (19), connecté audit deuxième échangeur de chaleur (12), à travers lequel circule un deuxième fluide caloporteur pour en extraire le froid.

30

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit d'utilisation de la chaleur (20) connecté audit troisième échangeur de chaleur (14) pour en extraire la chaleur.
- 5 16. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que lesdits moyens magnétiques (13) comportent des aimants permanents.
17. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que lesdits moyens magnétiques (13) comportent des électroaimants.
- 10 18. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que lesdits moyens magnétiques (13) sont agencés pour générer un champ magnétique variable.
- 15 19. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que lesdits premier, deuxième et troisième échangeurs de chaleur (11, 12 et 14) sont choisis parmi le groupe constitué par des échangeurs de chaleur du type liquide - liquide, liquide - gaz et gaz - gaz.
- 20 20. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que le circuit principal (16) comporte une première pompe (15), en ce que le circuit de refroidissement (18) comporte une deuxième pompe (17), et en ce que ces pompes sont agencées pour faire circuler le mélange du circuit principal (16) et le fluide caloporteur du circuit de refroidissement (18) dans des sens  
25 contraires à travers le premier échangeur de chaleur (11).



Abrégé

Le dispositif (10) pour générer en continu du froid et de la chaleur par effet magnétique comporte un mélange d'un fluide caloporteur et de particules  
5 constituées d'au moins un matériau supraconducteur circulant à travers un premier échangeur de chaleur (11) soumis à un champ magnétique généré par des moyens magnétiques (13) associés à ce premier échangeur de chaleur (11). Lorsque les particules passent dans le champ magnétique généré, elles subissent une élévation de température adiabatique en  
10 chauffant le mélange du premier échangeur de chaleur (11) et lorsqu'elles quittent le champ magnétique, ces particules subissent un refroidissement adiabatique pour refroidir le mélange qui entre dans un deuxième échangeur de chaleur (12). Un circuit d'utilisation du froid (19) extrait le froid du deuxième échangeur de chaleur (12) et un circuit de refroidissement (18) extrait la  
15 chaleur du premier échangeur de chaleur (11).

(Figure 1)

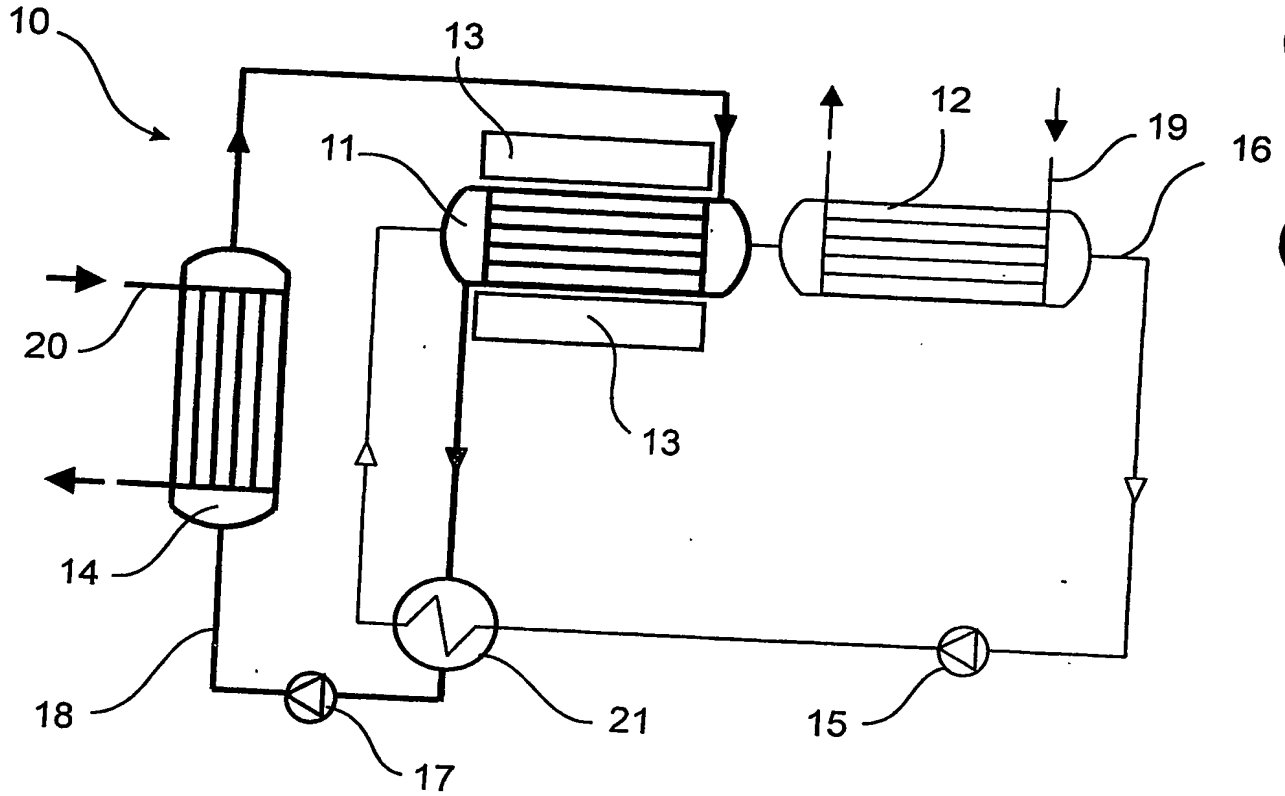


FIG. 1

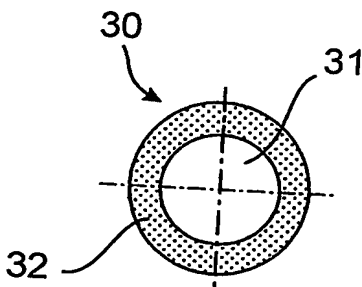


FIG. 2A

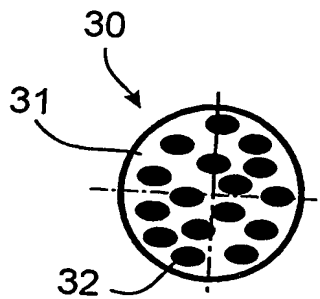


FIG. 2B

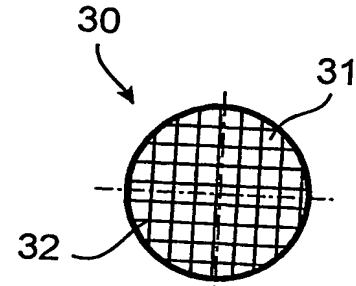


FIG. 2C

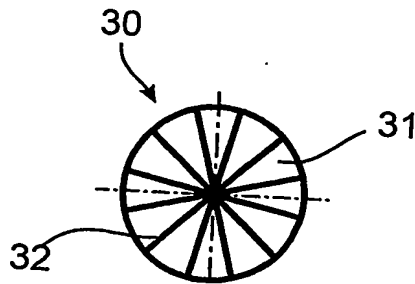


FIG. 2D

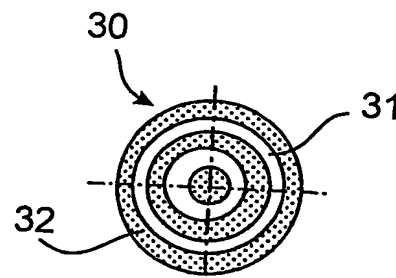


FIG. 2E